Hall-sensoren

Hall-sensoren zijn IC's die de aanwezigheid van een magnetisch veld detecteren. Dit veld uit zich onder de vorm van de magnetische veldsterkte B en het is deze veldsterkte die in het gevoelige element, een Hall-generator, een kleine spanning opwekt.

Auteur: Jos Verstraten, Landgraaf, Nederland
Email: josverstraten@live.nl
Publicatiedatum: 31-10-2020

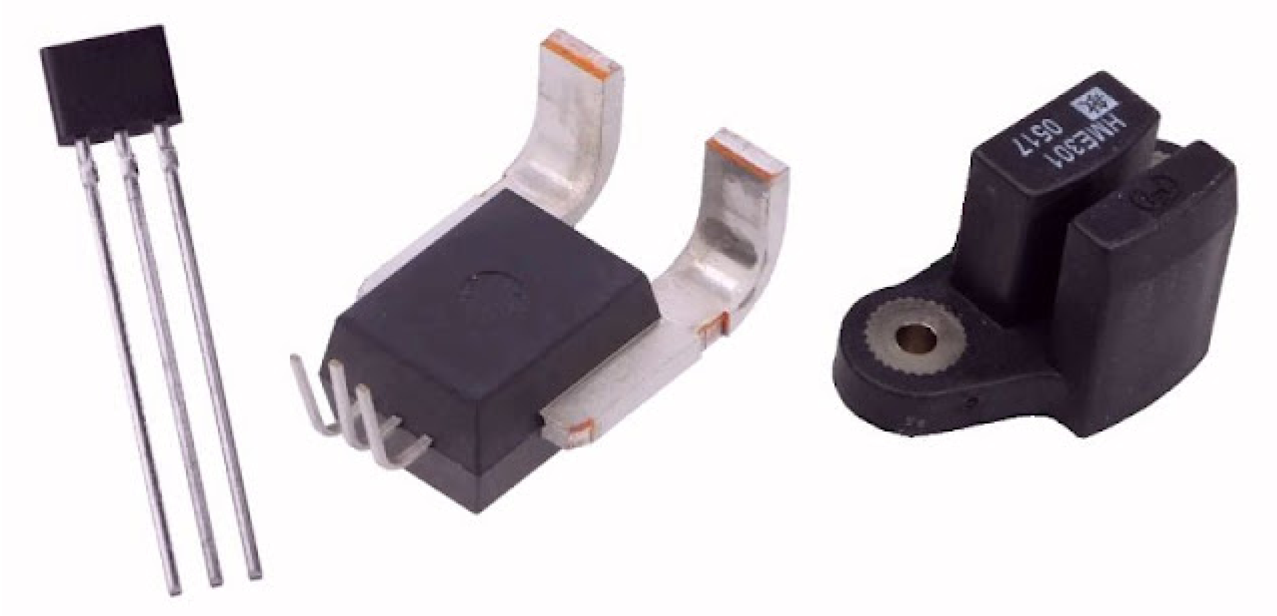
Inleidende begrippen

Drie soorten Hall-sensoren
De in de lead van dit artikel genoemde werking kan op drie manieren worden omgezet in een praktisch bruikbare schakeling:
- Hall-sensoren met lineaire uitgang.
- Hall-sensoren met schakelende uitgang.
- Hall-sensoren met interruptor (magnetic vane sensor).

Hall-sensoren met lineaire uitgang
Het omzetten van een magnetische veldsterkte in een gelijkspanning verloopt vrij lineair en het is dus mogelijk schakelingen te ontwerpen die de absolute grootte van de magnetische veldsterkte omzetten in een evenredige spanning. Dergelijke sensoren worden vaak toegepast voor het contactloos meten van de grootte van een gelijkstroom die door een geleider vloeit.

Hall-sensoren met schakelende uitgang
De meeste Hall-sensoren zijn intern echter als schakelaar uitgevoerd. Na versterking wordt de Hall-spanning aangeboden aan een comparator of een Schmitt-trigger. De uitgang zal alleen reageren als de Hall-spanning en dus de magnetische veldsterkte een bepaalde waarde overschrijdt. Dergelijke IC's worden toegepast voor het contactloos registreren van verschijnselen.
Als u een schakelende sensor in het magnetisch veld van een permanente magneet opstelt en dit veld onderbreekt door een sluiter uit een magnetisch absorberend metaal zoals zacht ijzer, dan zal de sensor een uitgangsspanning opwekken als de sluiter of onderbreker zich niet tussen de magneet en de sensor bevindt. Hij zal geen uitgangsspanning genereren als de sluiter wordt verplaatst naar een positie tussen de magneet en de sensor. Op deze manier kunt u voorwerpen tellen, de omtreksnelheid van wielen berekenen, enzoverder.

Hall-sensoren met interruptor
Er is een aantal geïntegreerde magneetsensoren verkrijgbaar waarbij het permanent magneetje dat verantwoordelijk is voor het opwekken van de magnetische veldsterkte in de behuizing van de sensor is ondergebracht. In de meeste gevallen zitten deze schakelingen in een vorkachtige behuizing, waarbij het magneetje in de ene en de Hall-schakeling in de andere tand is aangebracht. In de spleet die zich tussen beide tanden bevindt kan de zacht ijzer sluiter of onderbreker heen en weer bewegen.
Dergelijke sensoren worden ook wel '*magnetic vane sensor*' genoemd.



Diverse uitvoeringen van Hall-sensoren. (© 2020 Jos Verstraten)

De magnetische grootheden flux en veldsterkte

U weet waarschijnlijk wat elektrische spanning en elektrische stroom is. De basisgrootheden van het magnetisme zijn echter heel wat minder bekend. Een korte verklaring is hier dus op zijn plaats.

De basisgrootheid van alle magnetische verschijnselen is de magnetische flux of stroom Φ (Griekse letter phi), uitgedrukt in weber (Wb) of voltseconde (Vs).

De magnetische flux wordt als volgt gedefinieerd. Stel dat één winding van een geleidende draad is aangebracht in een magnetisch veld. Als de magnetische flux van dit veld gedurende één seconde gelijkmatig over één eenheid varieert zal er in de winding een spanning van 1 V worden geïnduceerd.

Uit deze definitie volgt onmiddellijk de formule:

1 Wb = 1 V ● 1 s

De magnetische veldsterkte B wordt gedefinieerd als de dichtheid van de magnetische flux. De genormaliseerde eenheid voor de veldsterkte is de Tesla (T). De magnetische veldsterkte wordt als volgt gedefinieerd. De magnetische veldsterkte is gelijk aan 1 T als een gelijkmatige magnetische flux van 1 Wb loodrecht invalt op een oppervlak van 1 m².

Uit deze definitie volgt de formule voor het berekenen van de magnetische inductie:

$B = \Phi / A$

U kunt nu de eenheid Tesla gemakkelijk definiëren:

$1\ T = 1\ Wb/m^2 = 1\ Vs/m^2$

De magnetische veldsterkte werd vroeger ook in Gauss (G) uitgedrukt, waarbij het verband is:

1 G = 0,1 mT

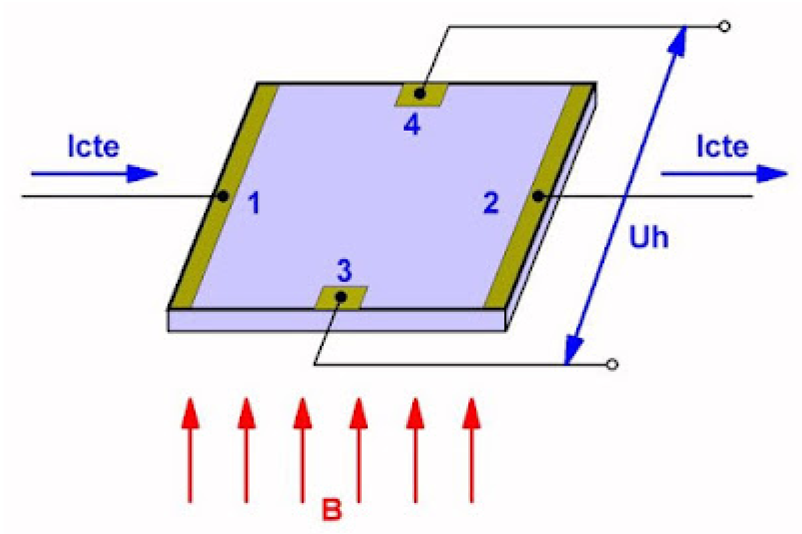
De fysische werking van een Hall-generator

Magnetische veldsterkte wekt gelijkspanning op

Alle magnetische sensor-IC's werken met een Hall-generator als basis. Een Hall-generator is een onderdeel dat een gelijkspanning genereert waarvan de grootte afhankelijk is van de sterkte van de magnetische veldsterkte die op het onderdeel invalt.

De principiële opbouw van een Hall-generator is getekend in de onderstaande figuur. Uit een halfgeleider, in de meeste gevallen een verbinding met indium, wordt een dunne folie gemaakt. Aan twee tegenover elkaar liggende zijden worden brede contactstrippen 1 en 2 aangebracht. Aan de twee overige zijden worden kleine contactpunten 3 en 4 gemonteerd. De strippen 1 en 2 worden opgenomen in een schakeling die een constante stroom I_{cte} door de folie stuurt. Deze stroom I_{cte} heeft tot gevolg dat er in de halfgeleidende folie elektronen

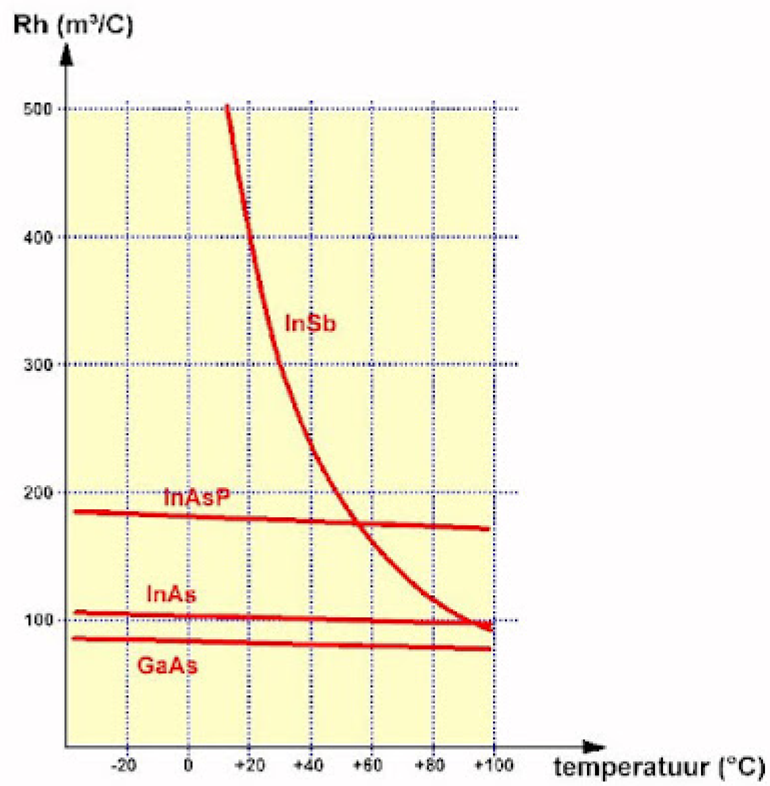
van 2 naar 1 gaan migreren.
Zonder extern magnetisch veld volgen deze elektronen de kortste weg door de folie en is het plaatje elektrisch in evenwicht.



Het principe van een Hall-generator. (© 2020 Jos Verstraten)

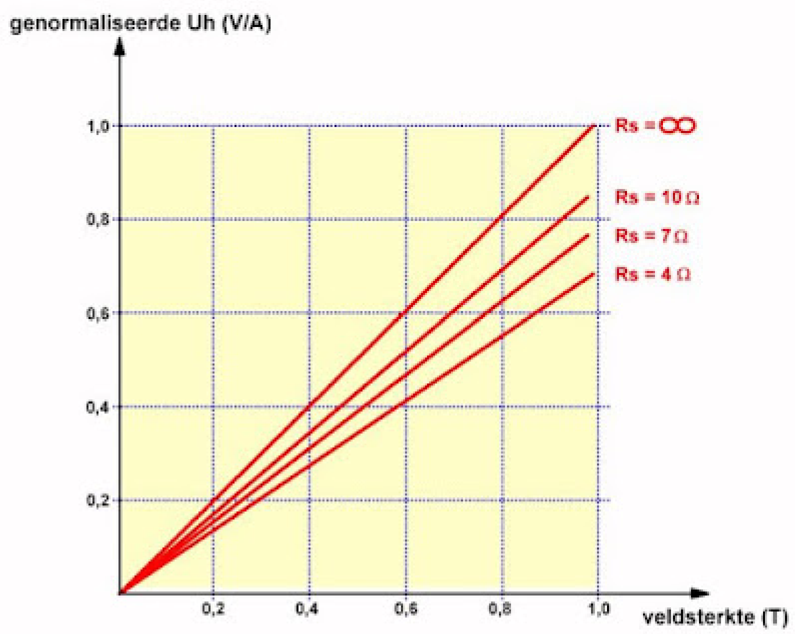
Brengt u echter een magnetisch veld B loodrecht op het plaatje aan, dan zullen de elektronen als gevolg van de Lorentzkracht worden afgebogen op hun weg tussen de strippen 2 en 1. Afhankelijk van de richting van het magnetisch veld zullen de elektronen of naar contactpunt 3 of naar contactpunt 4 worden afgebogen. Het gevolg is dat er over het plaatje een elektrisch veld ontstaat, dat tussen de punten 3 en 4 een kleine gelijkspanning U_h opwekt. Deze spanning U_h noemt men de '*Hall-spanning*' en de grootte van deze spanning is evenredig met de sterkte van het elektrische veld in de halfgeleidende folie. Omdat dit veld op haar beurt weer afhankelijk is van de sterkte van het magnetisch veld kunt u concluderen dat de grootte van de Hall-spanning recht evenredig is met de grootte van de loodrecht op het plaatje invallende magnetische veldsterkte B.
De grootte van de Hall-spanning wordt gegeven door de uitdrukking:
$U_h = [R_h / d] \bullet I_{cte} \bullet B$
waarbij:
- d de dikte van de folie.
- I_{cte} de grootte van de constante stroom.
- B de sterkte van de magnetische veldsterkte.
- R_h een materiaal-constante.

De Hall-constante R_h
Deze constante is niet alleen afhankelijk van het soort halfgeleider waaruit de folie is gemaakt, maar ook van de temperatuur. In de onderstaande figuur is het verloop van de waarde van deze constante in functie van de temperatuur voor enige bruikbare halfgeleiders getekend.



Het verloop van R_h in functie van de temperatuur. (© 2020 Jos Verstraten)

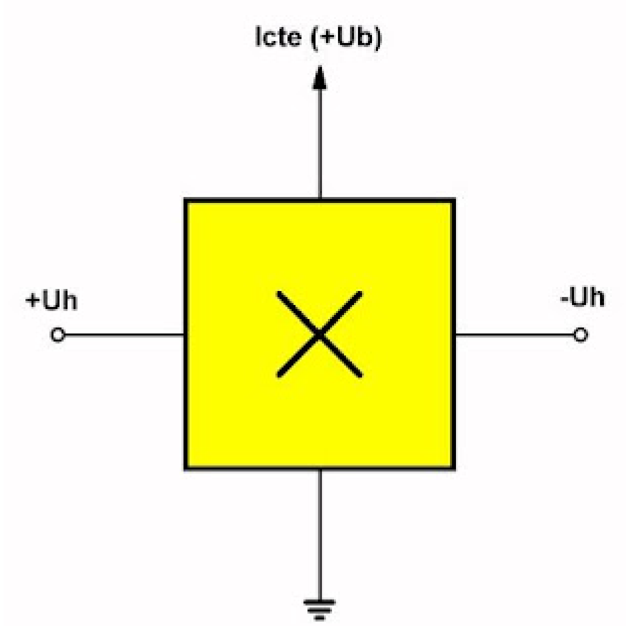
De genormaliseerde Hall-spanning
De Hall-spanning U_h is uiteraard niet alleen afhankelijk van de grootte van de magnetische veldsterkte B, maar ook van de grootte van de stroom I_{cte}. Om toch een eenduidige relatie te kunnen opstellen tussen spanning en veldsterkte werkt men vaak met de zogenaamde '*genormaliseerde Hall-spanning*'. Dit is een grootheid die berekend wordt door de effectieve Hall-spanning te delen door de stroom I_{cte} en deze hulp-grootheid uit te zetten tegen de veldsterkte. In de onderstaande figuur is deze genormaliseerde Hall-spanning (uitgedrukt in V/A) uitgezet in functie van de magnetische veldsterkte (uitgedrukt in Tesla) voor verschillende waarden van de belastingsweerstand R_s die men parallel schakelt over de Hall-generator. Wel moet bij deze grafiek opgemerkt worden dat veldsterkte waarden in de grootte-orde van tienden van een Tesla in de praktijk niet erg vaak zullen voorkomen! Praktische waarden liggen eerder in de grootte-orde van enige tientallen mT.



De genormaliseerde Hall-spanning. (© 2020 Jos Verstraten)

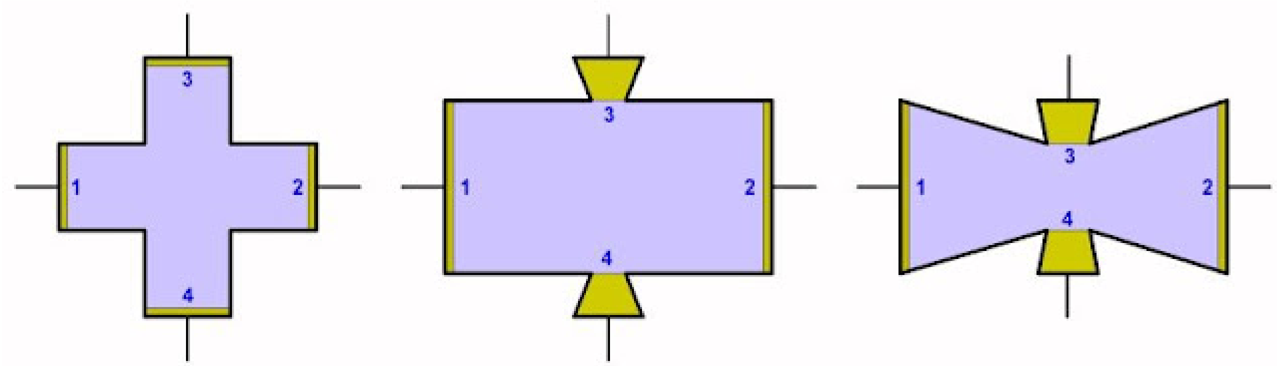
Het symbool van een Hall-generator

In de onderstaande figuur is het min of meer gestandaardiseerde symbool van een Hall-generator getekend. Dit is uiteraard ook het symbool van een Hall-sensor. Vaak wordt dan de stroom aansluiting I_{cte} vervangen door een voedingsspanning aansluiting $+U_b$. In de sensor zit dan een geïntegreerde stroombron.



Het symbool van een Hall-generator en -sensor.
(© 2020 Jos Verstraten)

Praktische uitvoeringen van Hall-generatoren
De halfgeleidende folie die de Hall-generator vormt kan volgens verschillende geometrische vormen worden gefabriceerd. In de onderstaande figuur zijn drie vaak voorkomende uitvoeringen geschetst. De kruisvormige uitvoering wordt gekenmerkt door een grote gevoeligheid, terwijl de rechthoekige een grote Hall-spanning genereert. De vlindervormige Hall-generator wordt voornamelijk toegepast voor het meten van intensieve, maar smalle bundels magnetische velden.



De drie geometrische vormen van Hall-sensoren. (© 2020 Jos Verstraten)

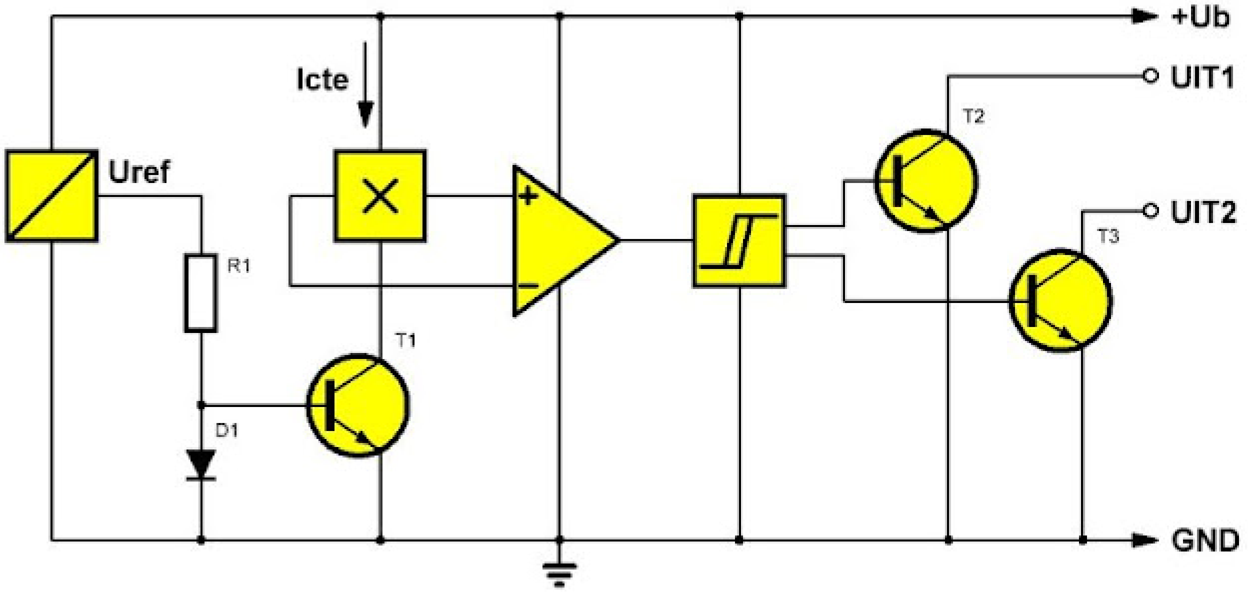
Fabricage van de folie
De folie wordt volgens een van onderstaande technologieën gefabriceerd:

- **Kristallijn:**
  De folie wordt door middel van mechanische bewerkingen uit een halfgeleiderkristal gemaakt, waarbij dikten tussen 5 µm en 100 µm mogelijk zijn.
- **Opgedampt:**
  Op een drager wordt een 2 µm à 3 µm dikke halfgeleidende laag opgedampt. Deze Hall-generatoren zijn uitermate geschikt voor toepassingen bij extreem hoge of lage temperaturen.

- **Epitaxiaal:**
  De halfgeleidende laag wordt uit een substraat gevormd door middel van de uit de normale halfgeleider-technologie bekende chemische technieken, waarbij een laagdikte van ongeveer 10 µm haalbaar is.
- **Ionen implantatie:**
  In een half isolerende basis van halfgeleidend materiaal worden op thermische manier ionen geïmplanteerd, waardoor de halfgeleidende laag ontstaat in de bovenste dunne schil van het basismateriaal. Deze techniek kan gebruikt worden tot actieve laagdikten van ongeveer 0,4 µm.

De soorten Hall-sensoren

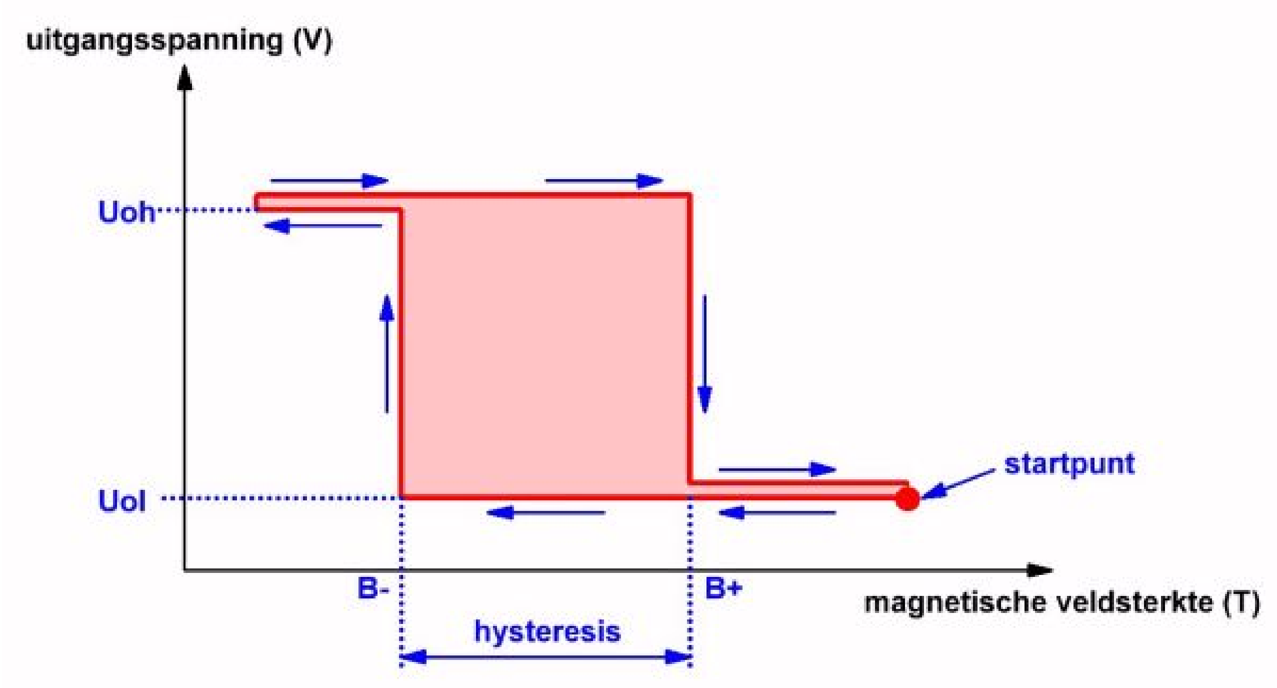
Hall-sensoren met schakelende uitgang
Het basisschema van een sensor-IC met magnetische schakelaar-actie is getekend in de onderstaande figuur. Uit de voedingsspanning wordt door middel van een referentiebron U_{ref}, een diode en een transistor een constante stroom I_{cte} afgeleid. Deze stroom wordt door de Hall-generator gestuurd. De Hall-spanning wordt versterkt in een verschilversterker en de versterkte spanning wordt aan een Schmitt-trigger aangeboden. Deze schakeling heeft een hysteresis, hetgeen wil zeggen dat de uitgangsspanning van de trigger niet alleen afhankelijk is van de momentane grootte van de ingangsspanning en dus ook van de magnetische veldsterkte, maar ook van de daling of de stijging van deze spanning of veldsterkte.



Basisschema van een schakelaar-sensor. (© 2020 Jos Verstraten)

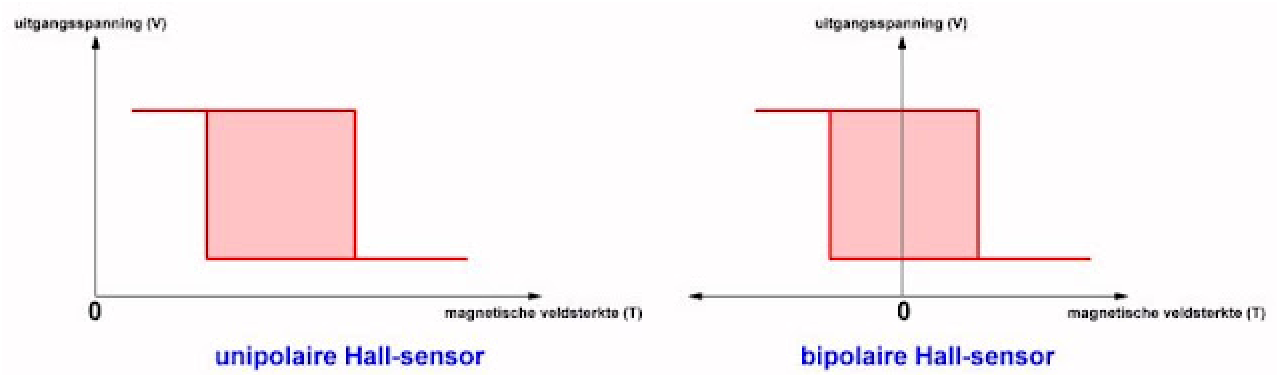
De transfer-karakteristiek van een Schmitt-trigger is getekend in de onderstaande figuur. Stel dat de magnetische veldsterkte B die op het IC invalt groter is dan een bepaalde drempel B+ (startpunt). De uitgangsspanning van de Schmitt-trigger is dan laag (U_{ol}). Stel verder dat de veldsterkte langzaam afneemt. De uitgang blijft laag totdat de veldsterkte kleiner wordt dan een tweede drempel B-. Op dat moment klapt de schakeling om en wordt de uitgang hoog (U_{oh}).
Als u vervolgens de inductie weer laat stijgen zal de uitgangsspanning echter hoog blijven totdat de veldsterkte weer hoger wordt dan de bovenste drempel B+. Het verschil tussen de twee drempels B- en B+ noemt men de '*hysteresis*' van de Schmitt-trigger. Deze eigenschap zorgt ervoor dat er twee duidelijke omklappunten zijn in het bereik van de veldsterkte waarop de schakeling ondubbelzinnig reageert. Kleine schommelingen in de veldsterkte rond de drempels hebben geen invloed op de uitgangsspanning van de schakeling.

De Schmitt-trigger wordt afgesloten met een of twee identieke uitgangstrappen volgens de open-collector structuur. U moet de belastingsweerstand dus extern aanbrengen tussen de voedingsspanning en de uitgang van het IC. Deze open-collector voorziening heeft als voordeel dat u de uitgangen van verschillende sensoren door middel van weerstanden en dioden kunt opnemen in een matrix, zodat het mogelijk is zonder extra IC's eenvoudige decoderingen rond de uitgangen samen te stellen.



Transfer-karakteristiek van een Schmitt-trigger. (© 2020 Jos Verstraten)

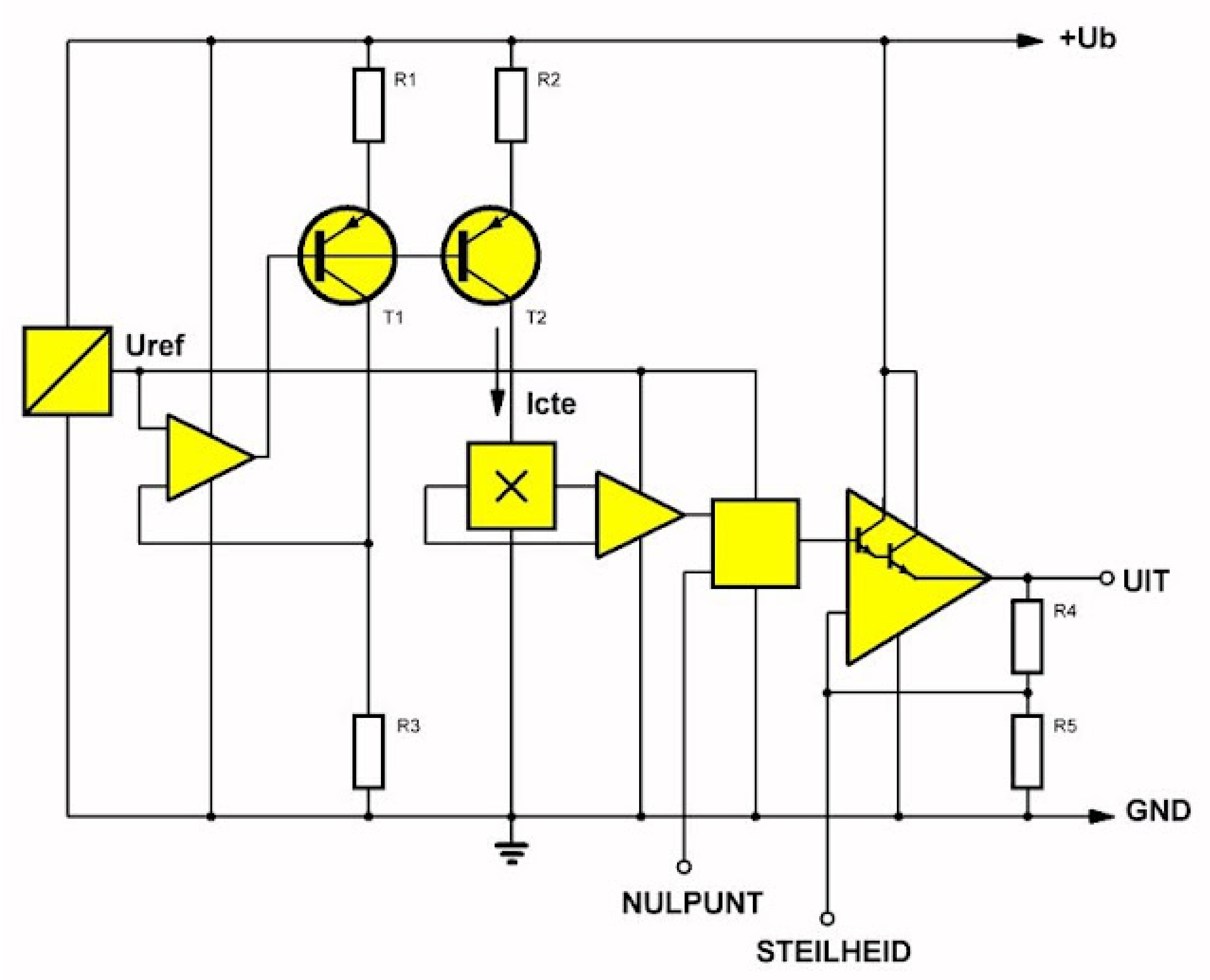
Unipolaire en bipolaire Hall-sensoren
Een magneet is gepolariseerd, want zo'n onderdeel heeft een noord- en een zuidpool. U kunt een Hall-sensor op twee manieren in een magnetisch veld plaatsen. Met de bovenzijde gericht naar de noordpool van de magneet die het veld veroorzaakt of met de bovenzijde gericht naar de zuidpool van dat veld. Als u de sensor maar op één manier kunt plaatsen noemt men de hall-sensor unipolair. Kunt u de sensor op beide manieren plaatsen, dan is de sensor bipolair. In de onderstaande figuur wordt de tranfer-karakteristiek van een unipolaire sensor (links) vergeleken met deze van een bipolaire sensor (rechts).



De transfer-karakteristiek van een unipolaire en een bipolaire Hall-sensor vergeleken. (© 2020 Jos Verstraten)

Hall-sensoren met lineaire uitgang
Het basisschema van een magnetische sensor met lineaire uitgang is getekend in de onderstaande figuur. Ook nu wordt uit de voedingsspanning een constante stroom I_{cte} afgeleid. Maar omdat er nu veel hogere eisen aan de constantheid van deze stroom worden gesteld (vergeet niet dat de Hall-spanning ook afhankelijk is van de grootte van de stroom die door de Hall-generator wordt gestuurd) is de schakeling van de stroombron uitgebreid. De

uitgang van de Hall-generator wordt weer aangeboden aan een verschilversterker. Omdat men in de meeste gevallen weinig kan beginnen met een differentiële spanning wordt de verschilversterker gevolgd door een trap waarin de differentiële uitgangsspanning van de versterker wordt omgezet in een unipolaire spanning, een spanning die gerefereerd is naar het gemeenschappelijke massa-punt.
U treft lineaire Hall-sensoren aan waarbij in deze laatste trap voorziening zijn aangebracht voor het instellen van het nulpunt en voor het afregelen van de gevoeligheid. Bij andere proportionele sensoren moet u deze schakelingen echter extern aanbrengen.



Basisschema van een Hall-sensor met lineaire uitgang. (© 2020 Jos Verstraten)

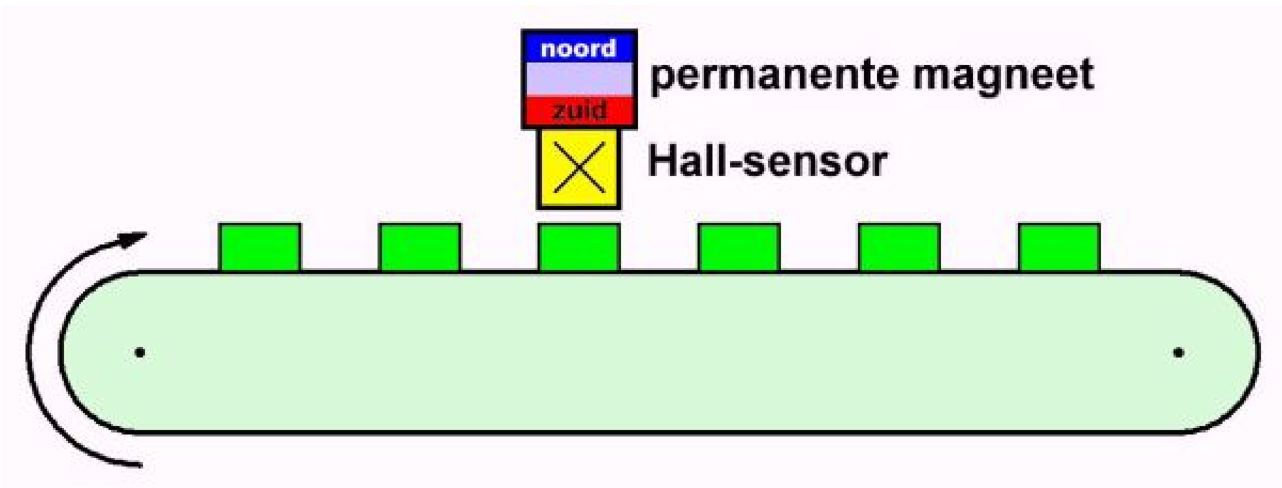
Toepassingen van Hall-sensoren

Inleiding

In deze paragraaf worden enige voor de hand liggende maar ook enige minder voor de hand liggende praktische toepassingen van Hall-sensoren besproken. Het basisprincipe is steeds hetzelfde. U moet een gesloten magnetisch systeem opbouwen waarbij een permanente magneet zorgt voor een constant magnetisch veld. De Hall-sensor is geplaatst in dit magnetisch veld.
Zolang er niets aan de opstelling wijzigt zal de magnetische weerstand van het gesloten systeem constant zijn en zal de sensor zich in een constante veldsterkte B bevinden. Als er echter iets verandert, bijvoorbeeld het vergroten van een luchtspleet of het in het systeem opnemen van een metalen voorwerp, dan zal de magnetische weerstand van het systeem veranderen waardoor de veldsterkte daalt of stijgt. De sensor levert een variërende uitgangsspanning en deze spanning kunt u gebruiken voor het registreren, tellen of sturen

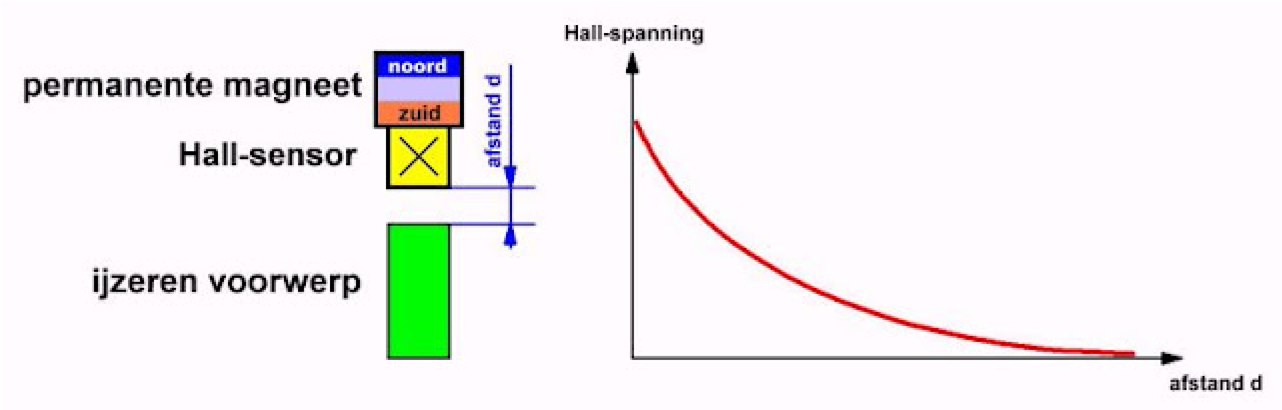
van de specifieke toepassing.

Tellen van metalen voorwerpen
Een kleine permanente magneet wordt in innig contact met de Hall-sensor met schakelende uitgang in de nabijheid van de te tellen voorwerpen gemonteerd, zie de onderstaande figuur. In dit specifieke geval worden ijzeren voorwerpen op een transportband geteld. Als de band gaat draaien zal de luchtspleet tussen de Hall-sensor en de transportband groter worden als er geen voorwerp voor de sensor staat en kleiner worden als er wel een voorwerp voor de sensor staat. De wisselende magnetische veldsterkte wekt een wisselende uitgangsspanning op, ieder maximum komt overeen met een voorwerp voor de Hall-sensor. Op deze manier kunt u ook snelheden van ronddraaiende metalen assen meten.



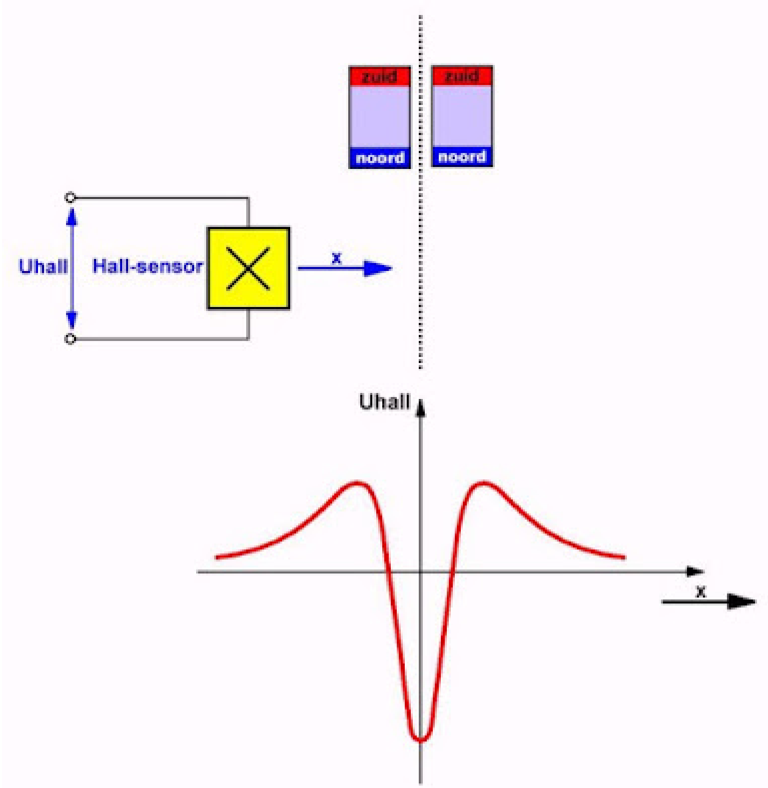
Tellen van ijzeren voorwerpen. (© 2020 Jos Verstraten)

Meten van afstanden
De combinatie van een permanente magneet en een Hall-sensor met proportionele uitgang, zie onderstaande figuur, meet de afstand d tussen de sensor en een metalen voorwerp. Hoe groter de afstand, hoe groter de luchtspleet in het systeem en hoe kleiner de veldsterkte en de uitgangsspanning van de sensor.



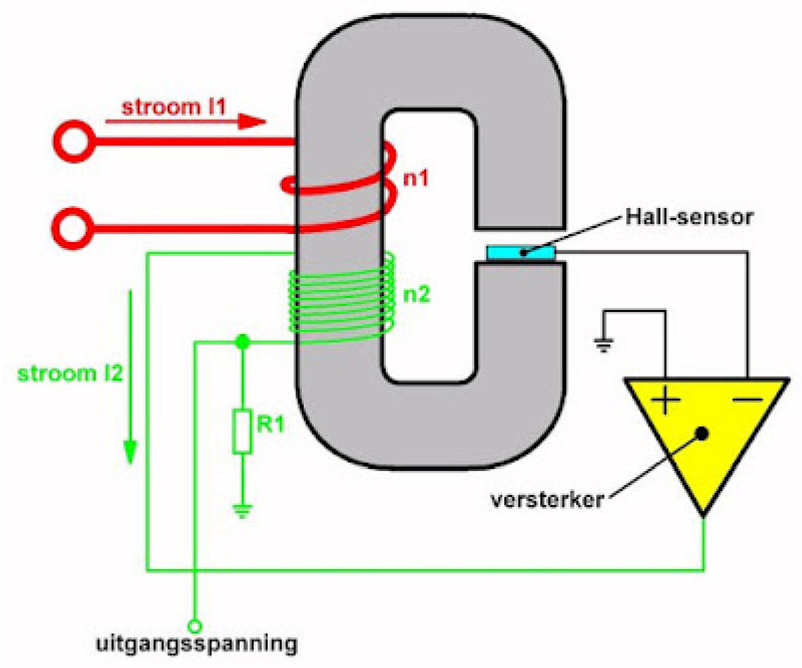
Het meten van een afstand. (© 2020 Jos Verstraten)

Positioneren van voorwerpen
Twee even sterke permanente worden volgens de onderstaande figuur opgesteld op gelijke afstanden van de plaats waarop het te positioneren voorwerp terecht moet komen. Dat voorwerp is voorzien van een Hall-sensor met lineaire uitgang. Als het gevoelig oppervlak van de sensor zich precies tussen beide magneten bevindt vertoont de uitgangsspanning van het sensor-IC een duidelijk negatief maximum. Met deze spanning kunt u via een regelsysteem een motortje zodanig aandrijven dat de sensor precies tussen beide permanente magneten wordt geplaatst.



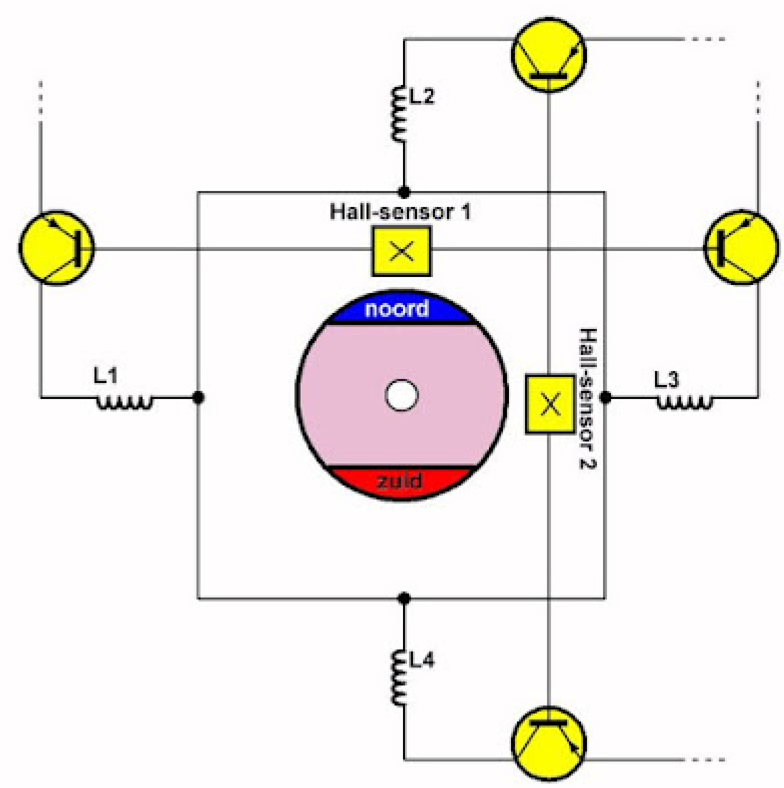
Positioneren van voorwerpen. (© 2020 Jos Verstraten)

Contactloos meten van stromen
De te meten stroom I_1 wordt, zie de onderstaande figuur, door een paar windingen gestuurd rond een magnetische kern met luchtspleet. In de luchtspleet plaatst u een Hall-sensor. De uitgangsspanning van dit IC stuurt via een verschilversterker een stroom I_2 door een tweede wikkeling. De verschilversterker vergelijkt de uitgangsspanning van de sensor met de massa, het systeem zal dus streven naar een Hall-spanning gelijk aan 0 V. Op dat moment is de magnetische veldsterkte in de kern gelijk aan nul, hetgeen alleen mogelijk is als de veldsterkte die door de stroom I_1 in de kern wordt gegenereerd precies gelijk is aan de (tegengestelde) veldsterkte die door de stroom I_2 wordt opgewekt.
Nu een beetje niet ingewikkelde wiskunde:
$I_1 \bullet n_1 = I_2 \bullet n_2$
$I_2 = I_1 \bullet [n_1 / n_2]$
$U_{uit} = R_1 \bullet I_2$
$U_{uit} = R_1 \bullet I_1 \bullet [n_1 / n_2]$
Stel de constante factor $R_1 \bullet [n_1 / n_2] = \alpha$.
Dan wordt:
$U_{uit} = \alpha \bullet I_1$
De uitgangsspanning U_{uit} is recht evenredig met de grootte van de te meten stroom I_1.



Galvanisch gescheiden meten van een gelijkstroom.
(© 2020 Jos Verstraten)

Commutatorloze motoren
Gewone elektromotoren hebben een commutator en minstens twee koolborstels die de stroom voor het bekrachtigen van de spoel(en) op de rotor via de koperen lamellen op de commutator overbrengen. De commutator is opgebouwd uit lamellen van hard elektrolytisch koper met daartussen isolatiemateriaal. Het geheel is geïsoleerd bevestigd op de rotor as en de koperen lamellen zijn verbonden met de ankerwikkelingen. Een bron van storingen!
Door middel van Hall-sensoren kan men motoren zonder mechanische of koolcontacten ontwerpen. Het basisidee is geschetst in de onderstaande figuur. De spoel op de rotor is vervangen door een permanente magneet die in beweging wordt gezet door vier rondom de rotor opgestelde spoelen L_1 tot en met L_4. Twee Hall-sensoren, loodrecht ten opzichte van elkaar gemonteerd, tasten de positie van de rotor af. De sensoren sturen, uiteraard via niet getekende besturingsschakelingen, de vier spoelen zodanig dat het door de spoelen opgewekte veld 90° voorloopt op het veld van de permanente magneet in de rotor. Het gevolg is dat de rotor gaat draaien.

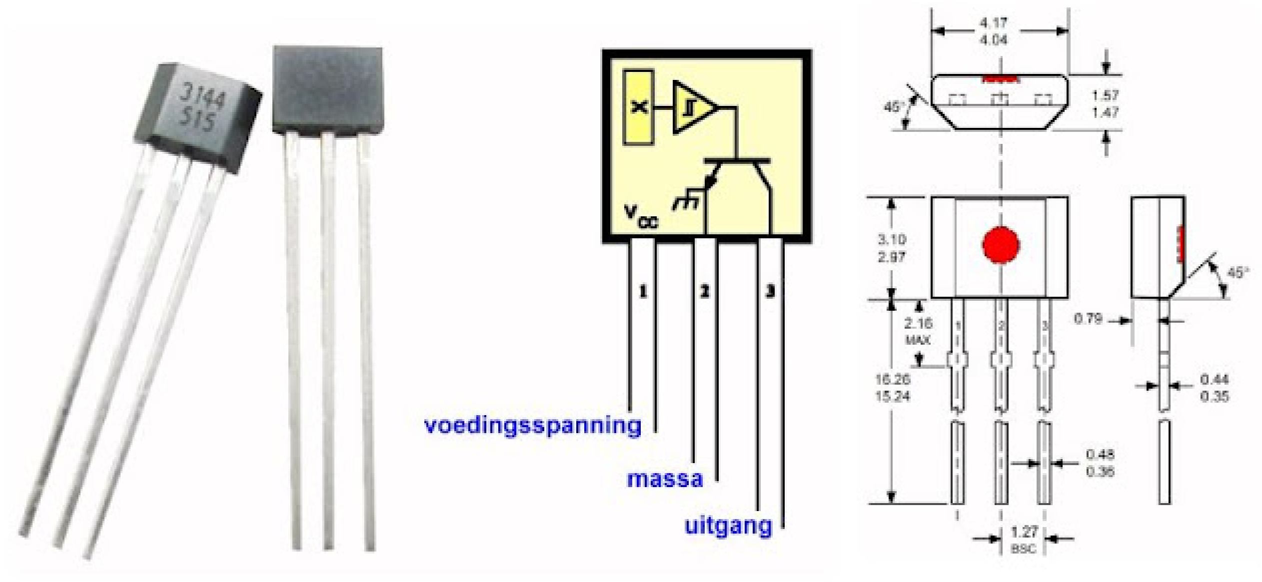


De principiële opbouw van een commutatorloze gelijkspanningsmotor.
(© 2020 Jos Verstraten)

Praktische Hall-sensoren

Inleiding
Wij bespreken in de volgende paragrafen een selectie uit het zeer grote aanbod van Hall-sensoren en dan met name een aantal goedkope en goed leverbare typen:
- A3144: schakelend, € 0,46 per tien stuks
- TLE4905L: schakelend, € 0,88 per stuk
- TLE4935L: schakelend, € 0,74 per stuk
- SS413A: schakelend, € 0,97 per stuk
- A 1326: lineair, € 1,38 per stuk
- ACS770(X050B): lineaire stroomsensor, € 6,92 per stuk

De A3144, unipolaire Hall-sensor met schakelende uitgang
Deze Hall-sensor werd door Allegro Microsystems ontwikkeld en is inmiddels door deze fabrikant uit het assortiment gehaald. Blijkbaar zijn er of grote voorraden in China terechtgekomen of heeft een Chinese chipbakker de fabricage overgenomen. Deze Hall-sensor wordt namelijk voor absolute bodemprijzen via de bekende Chinese verkoopkanalen aangeboden. Zo biedt een verkoper op AliExpress tien stuks aan voor ongeveer een halve euro!
Het uiterlijk en de aansluitgegevens van de A3144 zijn voorgesteld in de onderstaande figuur. De aansluitgegevens gelden als u de sensor met de componentenopdruk naar u gekeerd bekijkt. Deze zijde moet ook altijd gericht zijn naar de zuidpool van het magnetisch veld.

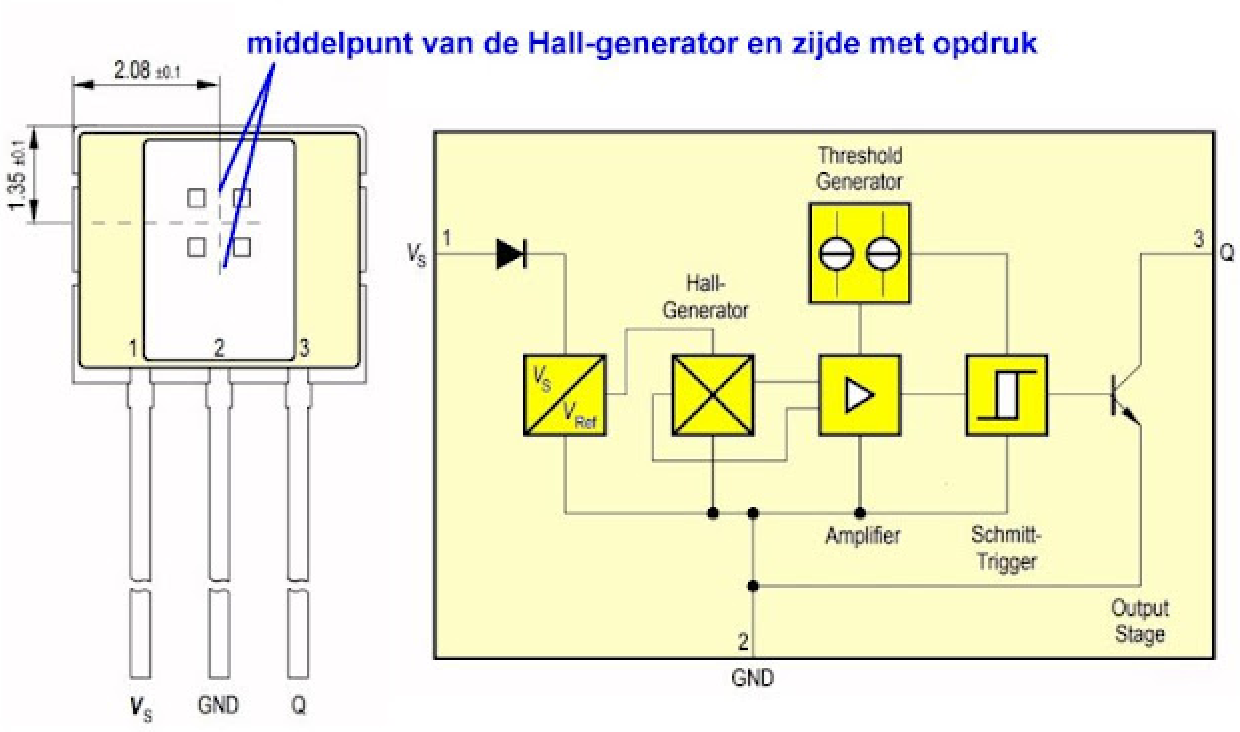


Uiterlijk en aansluitgegevens van de A3144. (© 2020 Jos Verstraten)

De A3144 bevat een spanningsregelaar, een voedingsbeveiligingsdiode, de Hall-generator, temperatuurcompensatie, een signaalversterker, een Schmitt-trigger en een open-collector uitgang die tot 25 mA kan verwerken. De Hall-generator zit in het middelpunt van de behuizing, zie de rode cirkel. Met een geschikte pull-up weerstand kunt u de uitgang rechtstreeks gebruiken met TTL en CMOS-IC's.
De uitgang van de sensor (pen 3) schakelt naar 'L' wanneer het magnetisch veld bij het Hall-element de hoge drempel (B_{OP}) overschrijdt. Wanneer het magnetisch veld wordt gereduceerd tot onder de lage drempel (B_{RP}), gaat de uitgang naar 'H'.
De technische gegevens van de A3144 in het kort:

- **Fabrikant**: onbekend
- **Richtprijs:** € 0,46 per tien stuks
- **Werking:** unipolair
- **Voedingsspanning:** +4,5 V ~ +24 V
- **Voedingsstroom:** 9 mA max.
- **Uitgangsstroom:** 25 mA max.
- **Lekstroom uitgang:** 10 µA max.
- **Verzadigingsspanning op de uitgang:** 400 mV max.
- **Inschakel veldsterkte (B_{OP}):** 7,0 mT ~ 35,0 mT
- **Uitschakel veldsterkte (B_{RP}):** 2,5 mT ~ 43,0 mT

De TLE4905L, unipolaire Hall-sensor met schakelende uitgang
Deze Hall-sensor van Infineon Technologies is vrijwel identiek aan de A3144, alleen de behuizing is kleiner (PG-SSO-3-2) en de prijs is een stuk hoger. De kant van de behuizing met de opdruk moet gericht zijn naar de zuidpool van het magnetisch veld.



Uiterlijk en aansluitgegevens van de TLE4905L. (© 2020 Jos Verstraten)

De technische gegevens van de TLE4905L in het kort:

- **Fabrikant:** Infineon Technologies
- **Richtprijs:** € 0,88 per stuk
- **Werking:** unipolair
- **Voedingsspanning:** +3,8 V ~ +24,0 V
- **Voedingsstroom:** 8 mA max.
- **Uitgangsstroom:** 40 mA max.
- **Lekstroom uitgang:** 10 μA max.
- **Verzadigingsspanning op de uitgang:** 500 mV max.
- **Inschakel veldsterkte (B_{OP}):** 6,0 mT ~ 17,0 mT
- **Uitschakel veldsterkte (B_{RP}):** 4,0 mT ~ 14,0 mT

De TLE4935L, bipolaire Hall-sensor met schakelende uitgang

Deze sensor is volledig identiek aan de TLE4905L, met als enig verschil dat de werking bipolair is. De schakeling reageert dus zowel op positieve als op negatieve veldsterkten. De afwijkende technische gegevens van de TLE4935L:

- **Richtprijs:** € 0,74 per stuk
- **Werking:** bipolair
- **Inschakel veldsterkte (B_{OP}):** 10,0 mT ~ 20,0 mT
- **Uitschakel veldsterkte (B_{RP}):** -20,0 mT ~ -10,0 mT

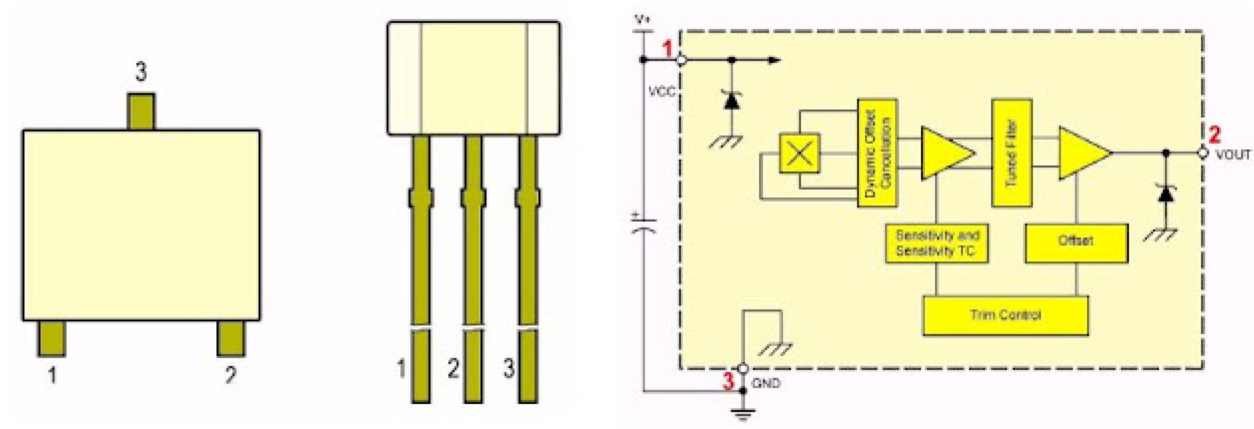
SS413A, bipolaire Hall-sensor met schakelende uitgang

Een Hall-sensor die schakeltechnisch en aansluittechnisch identiek is aan de reeds beschreven typen. De technische gegevens van deze sensor zijn:

- **Fabrikant:** Honeywell
- **Richtprijs:** € 0,97 per stuk
- **Werking:** bipolair
- **Voedingsspanning:** +3,8 V ~ +30,0 V
- **Voedingsstroom:** 10 mA max.
- **Uitgangsstroom:** 20 mA max.
- **Lekstroom uitgang:** 10 μA max.
- **Verzadigingsspanning op de uitgang:** 400 mV max.

- **Inschakel veldsterkte (B_{OP}):** 5,0 mT ~ 14,0 mT
- **Uitschakel veldsterkte (B_{RP}):** -14,0 ~ -5,0 mT

De A1326, bipolaire Hall-sensor met lineaire uitgang
Deze Hall-sensor van Allegro Microsystems levert een analoge uitgangsspanning die recht evenredig is met de magnetische veldsterkte waaraan de sensor wordt blootgesteld.
De gevoeligheid van de sensor bedraagt ongeveer 25 mV/mT. De sensor bevat een temperatuurcompensatie die de eigen temperatuurgevoeligheid van de Hall-generator compenseert. Daarnaast is een uitgebreid door Allegro gepatenteerd digitaal schakelsysteem ingebouwd om de offset van de interne analoge schakelingen te compenseren.
Zonder de aanwezigheid van een magnetisch veld staat op de uitgang een gelijkspanning die gelijk is aan de helft van de voedingsspanning. Deze spanning stijgt als een magnetisch veld met de zuidpool gericht naar de gemerkte kant van de behuizing wordt aangebracht. Deze spanning daalt als u een magnetisch veld met de noordpool gericht naar de gemerkte kant aanlegt.

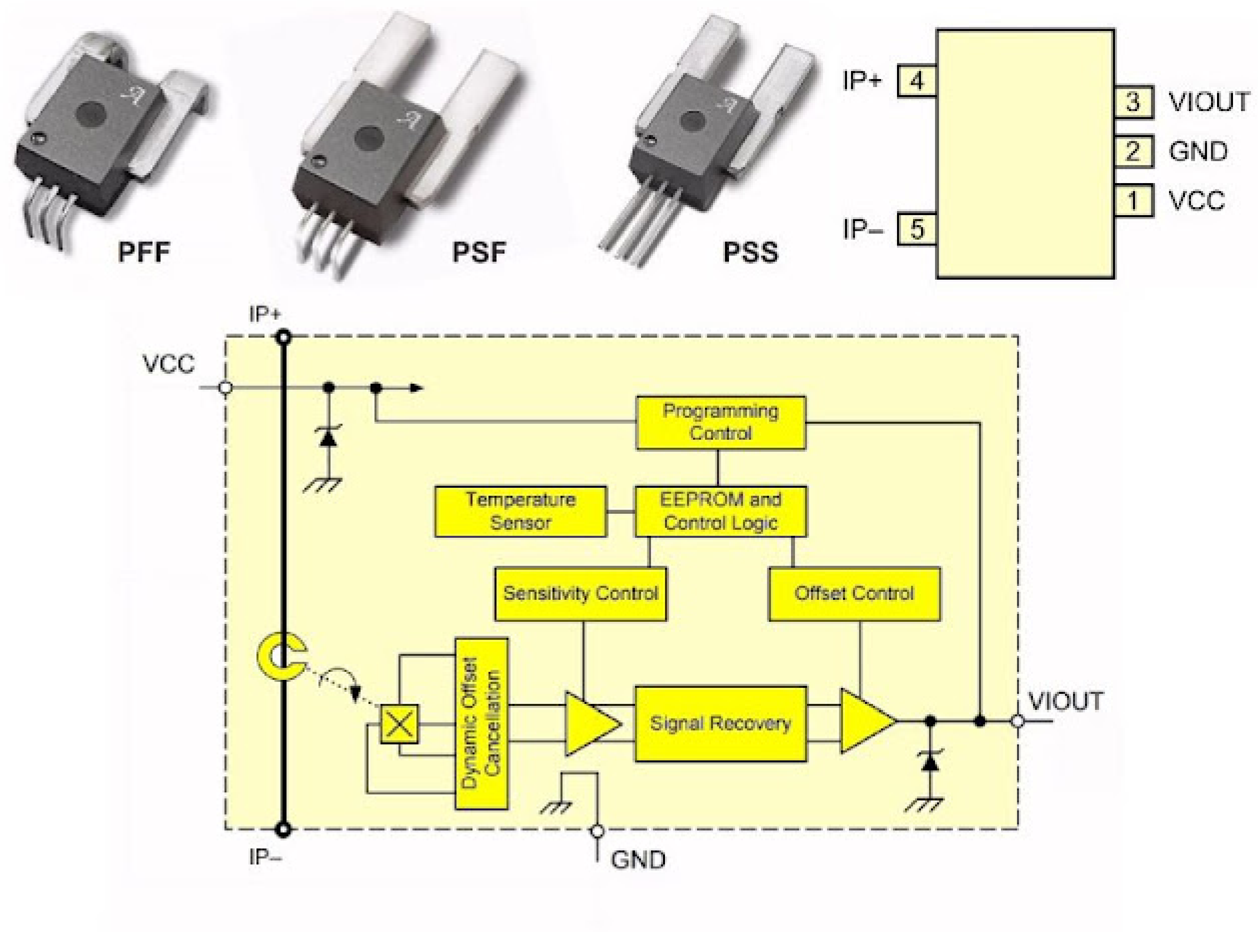


Uiterlijk en aansluitgegevens van de A1326. (© 2020 Jos Verstraten)

De technische gegevens van de A1326:
- **Fabrikant:** Allegro Microsystems
- **Richtprijs:** € 1,38 per stuk
- **Werking:** lineair
- **Voedingsspanning:** +4,5 V ~ +5,5 V
- **Voedingsstroom:** 9 mA max.
- **Uitgangsspanning in rust:** +2,425 V ~ +2,575 V
- **Uitgangsweerstand:** 1 Ω typisch
- **Resistieve uitgangsbelasting:** 4,7 kΩ min.
- **Capacitieve uitgangsbelasting:** 10 nF max.
- **Gevoeligheid:** 23,75 ~ 26,25 mV/mT
- **Lineariteit:** ±1,5 % typisch
- **Temperatuurscoëfficiënt:** 0,03 %/°C typisch

De ACS770(X050B), lineaire stroomsensor
Tot slot van deze bespreking van Hall-sensoren nog wat informatie over een Hall-sensor die u kunt gebruiken voor het contactloos meten van grote gelijk- en wisselstromen. De primaire kant van het IC bestaat uit twee flinke contacten die intern zijn verbonden met een koperen geleidingsplaatje. Geïsoleerd op dit koperen plaatje is de Hall-generator aangebracht. Deze meet de sterkte van het magnetisch veld dat de stroom rond het koperen plaatje opwekt. De lage spanning van de Hall-generator wordt door middel van een chopperversterker versterkt tot een meetbare uitgangsspanning. Ook in dit IC is een uitgebreid door Allegro gepatenteerd digitaal schakelsysteem ingebouwd om de offset van de interne analoge schakelingen te compenseren.

Het koperen plaatje heeft een weerstand van slechts 100 µΩ, zodat het primaire stroomcircuit nauwelijks wordt beïnvloed door het IC.



Uiterlijk, blokschema en aansluitgegevens van de ACS770. (© 2020 Jos Verstraten)

De technische gegevens van de ACS770 samengevat:

- **Fabrikant:** Allegro Microsystems
- **Richtprijs:** € 6,92 per stuk origineel, € 1,79 Chinees equivalent
- **Voedingsspanning:** +4,5 V ~ +5,5 V
- **Voedingsstroom:** 15 mA max.
- **Meetbereik:** ±50 A_{dc}, 50 A_{ac}
- **Uitgangsspanning in rust:** +2,425 V ~ +2,575 V
- **Gevoeligheid:** 40 mV/A typisch
- **Frequentiebereik:** 120 kHz typisch
- **Responstijd:** 4,6 µs typisch
- **Lineariteitsfout:** ±1 % typisch
- **Nauwkeurigheid:** ±0,6 % typisch
- **Resistieve uitgangsbelasting:** 4,7 kΩ min.
- **Capacitieve uitgangsbelasting:** 10 nF max.
- **Primaire weerstand:** 100 µΩ typisch